

**Zeitschrift:** Archi : rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica = Swiss review of architecture, engineering and urban planning

**Herausgeber:** Società Svizzera Ingegneri e Architetti

**Band:** - (2009)

**Heft:** 2

**Artikel:** Metropolitane del mondo

**Autor:** Bettelini, Marco

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-134259>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 25.04.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Metropolitane del mondo

Marco Bettelini\*

## Il miglior sistema di trasporto in contesti urbani

Cos'è una metropolitana? Una risposta ragionevolmente accettata (Robert Schwandl, [www.urbanrail.net](http://www.urbanrail.net)) si basa sulle caratteristiche seguenti:

- sistema elettrico urbano per il trasporto ferroviario di massa, utilizzato quindi principalmente per il trasporto di persone in contesti urbani,
- totalmente indipendente da altri sistemi di trasporto su gomma o su rotaia,
- elevata frequenza di esercizio (al massimo approssimativamente 10 minuti di intervallo durante gli orari normali di esercizio diurno).

Una metropolitana non deve dunque essere sotterranea. Non deve neppure necessariamente fare capo a rotaie convenzionali: esistono anche sistemi su gomma o su monorotaia. L'alimentazione elettrica può provenire da fili sopraelevati o da una terza rotaia. Normalmente c'è una persona alla guida dei veicoli, ma attualmente esistono mondialmente 24 metropolitane completamente automatiche. Una varietà enorme dunque di sistemi, necessaria per fare fronte in modo ottimale alle esigenze specifiche di ciascun contesto.

## Le più grandi metropolitane del mondo

Mondialmente le maggiori metropolitane sono caratterizzate da cifre decisamente impressionanti: oltre 3 miliardi di passeggeri trasportati annualmente (Tokyo), oltre 400 stazioni (New York), oltre 400 km di linea (Londra). I dati riportati nella Tab.1 illustrano molto bene l'importanza di questo sistema di trasporto.

Le metropolitane sono diffuse principalmente in Europa (74 sistemi), in Asia (54) e nelle Americhe (39). Africa e Oceania sono rappresentate con un unico sistema: Cairo (66 km, 55 stazioni, 600 mio. di passeggeri per anno) e la piccola metropolitana di Sydney (22 km, 14 stazioni). L'unica metropolitana svizzera è quella di Losanna (due linee per un totale di 14 km e 29 stazioni). Le metropolitane costituiscono spesso l'asse portante del sistema di trasporto urbano.

	Città	Inaugurazione	Lunghezza	Stazioni	Pass./anno
1	Tokyo	30 dicembre 1927	305 km	290	3.011 mia.
2	Mosca	15 maggio 1935	293 km	177	2.529 mia.
3	Seoul	15 agosto 1974	287 km	348	1.655 mia.
4	New York	27 ottobre 1904	368 km	468	1.635 mia.
5	Mexico City	5 settembre 1969	202 km	175	1.417 mia.
6	Paris	19 luglio 1900	213 km	380	1.410 mia.
7	London	10 gennaio 1863	408 km	268	1.014 mia.
12	Beijing	1 ottobre 1969	199 km	123	0.765 mia.
13	Madrid	17 ottobre 1919	284 km	281	0.690 mia.
20	Wien	25 febbraio 1978	70 km	96	0.477 mia.
21	Berlin	18 febbraio 1902	144 km	192	0.466 mia.
25	München	19 ottobre 1971	93 km	100	0.330 mia.
26	Milano	1 novembre 1964	75 km	88	0.318 mia.

Tab.1 - Principali metropolitane mondiali (Mike Rohde, <http://mic-ro.com/metro>, estratto)



## Cenni storici

Le prime gallerie e stazioni ferroviarie sotterranee risalgono agli inizi del diciannovesimo secolo. La prima vera metropolitana è quella di Londra («Underground» o «tube»), inaugurata nel 1863 (Metropolitan Line, inizialmente a vapore!). Un miglioramento decisivo è stato, a partire dalla fine del diciannovesimo secolo, l'elettrificazione (linea City and South London Railway, oggi Northern Line, inaugurata il 4 novembre 1890). Sul continente da notare il «Métro» di Parigi (1900), l'«U-Bahn» di Berlino (1902) e la metropolitana di Madrid (1919), tutte a trazione elettrica sin dall'inizio.

Tra le prime realizzazioni negli Stati Uniti notiamo Boston (1897) e la «Subway» di New York (1904). Il primo sistema dell'ex Unione Sovietica è quello di Mosca (1935). In Asia spiccano naturalmente le reti giapponesi, iniziate alla fine del diciannovesimo secolo. Molto più recente ma in fortissima espansione è la metropolitana di Pechino (1969).

Globalmente la costruzione di metropolitane è rallentata nel passato recente. Fanno eccezione l'estremo oriente e Madrid, tuttora in forte espansione.

### Tecnologia

La scelta del tipo di corrente di trazione è spesso condizionato da ragioni storiche e pratiche. Di norma (es. New York) si adotta il principio del terzo binario, nel quale l'alimentazione proviene da un binario separato e la corrente di ritorno viene trasmessa alle rotaie. La tensione è praticamente sempre continua, dell'ordine di 600-750 V, con un massimo di 1200 V. Altri sistemi utilizzano un quarto binario (particolarmente Londra, ma anche la vecchia linea 1 di Milano). Questo sistema riduce le correnti vaganti e le problematiche legate alla corrosione. Le catenarie sono diffuse particolarmente nel caso di treni con estese tratte all'aperto, ma sono state utilizzate ad esempio anche per il metrò di Madrid. Esse consentono l'utilizzo di tensioni molto più elevate.

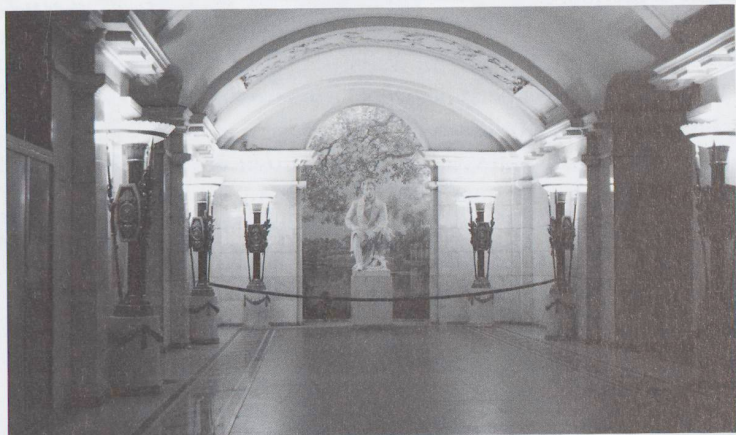
Le metropolitane utilizzano normalmente binari convenzionali, anche se spesso fissate su basamenti rigidi invece che su ballast. Una tecnologia alternativa, adottata ad esempio nei metrò di Parigi, Montreal e Losanna, utilizza ruote gommate, che scorrono su superfici in calcestruzzo o metallo. Questo sistema richiede normalmente binari guida laterali. Binari convenzionali vengono normalmente mantenuti e utilizzati in caso di perdita di pressione e per gestire gli scambi. I vantaggi principali del movimento su gomma sono: tranquillità di scorrimento, riduzione delle emissioni foniche e trazione migliore (accelerazione, frenata, pendenze elevate). Tra gli svantaggi si possono menzionare l'elevato consumo energetico, i maggiori costi di manutenzione e la dipendenza dalle condizioni meteorologiche. Un'alternativa interessante per linee sopraelevata è la monorotaia (Tokyo, Seattle, Las Vegas). Storicamente il personale sui treni è stato continuamente ridotto. Una tendenza particolare è quella di utilizzare metrò completamente automatici, senza personale a bordo. In altri casi sui treni viene mantenuto il personale di accompagnamento ma non il conducente. Il primo sistema



2



3



4

di questo tipo è stato adottato a Lille (1983). Sistemi analoghi sono stati adottati per la linea 14 del metrò parigino (1998), a Singapore (North East MRT Line, 2003), Torino (2006) e Losanna (m2, 2008).

#### Linee e fermate

Studiando la documentazione dei principali metrò mondiali si è colpiti dalla molteplicità delle soluzioni architettoniche adottate per le stazioni, con risultati a volte esteticamente notevoli.

Una tendenza che si va facendo strada molto rapidamente è quella della separazione fisica tra le stazioni e i binari, con pareti trasparenti e porte automatiche. I vantaggi sono legati principalmente alla sicurezza degli utenti, al maggior confort (spostamento di aria all'arrivo dei treni) e alla possibilità di ridurre i costi per climatizzazione e riscaldamento delle stazioni.

La struttura ideale di una rete metropolitana è probabilmente formata da una rete radiale di linee collegate per mezzo di linee circolari. Questo tipo di struttura ha potuto ad esempio essere realizzata in modo ottimale a Londra (grazie anche alle condizioni geologiche particolarmente favorevoli) e Mosca. Un aneddoto circola con una certa insistenza nell'ambiente: si racconta che Stalin abbia abbandonato senza commenti una riunione dedicata alla progettazione del nuovo metrò moscovita, lasciando la tazza del caffè sui piani che gli erano stati sottoposti. La traccia circolare lasciata dalla tazza fu interpretata come un colpo di genio di Stalin e diede inizio alla pianificazione della linea 5, Kol'tsevaya, circolare. Normalmente per questa linea si utilizza tuttora il colore marrone... La metropolitana di San Pietroburgo è probabilmente la più profonda. Oltre 50 della sessantina di stazioni sono state realizzate, per ragioni geologiche, ad una profondità compresa tra i 30 e i 60 m, con punte di 100-120 m. Molte delle stazioni sono finemente decorate e sono tra le più belle al mondo.

#### Sicurezza

Molti dei principali pericoli legati alle metropolitane sono ben noti: collisioni (frontali, di coda, con blocchi terminali, con veicoli o con altri ostacoli sulla linea), deragliamenti, incendi e esplosioni. Le cause sono molteplici: errori umani (segnaletica errata, mancato rispetto della segnaletica, velocità eccessiva), difetti tecnici ai veicoli o alle strutture, vandalismo e terrorismo. La sicurezza costituisce un aspetto molto delicato: le stazioni sono a volte profonde, l'accessibilità è limitata e la gestione di grandissimi flussi di persone difficile.



5



6



7

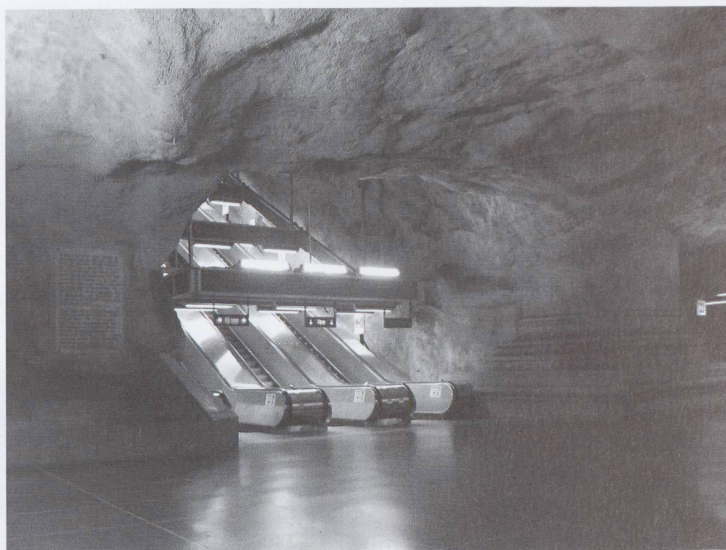
- Fig. 1 – World Metro Map (Alan Foale e Mark Ovenden, 2005)
- Fig. 2 – Metrò di Parigi, entrata della stazione Sainte-Opportune
- Fig. 3 – Metrò di Mosca, Komsomolskaya (linea Koltsevaya)
- Fig. 4 – Stazione Puskin del metrò di San Pietroburgo
- Fig. 5 – Metrò di Parigi, linea 14, stazione Olympiades
- Fig. 6 – Metrò di Mosca, stazione Arbatskaja
- Fig. 7 – Stazione Strogino, stazione terminale della linea Arbatsko-Pokrovskaya della metropolitana di Mosca
- Fig. 8 – Metrò di Stoccolma
- Fig. 9 – Metrò di Singapore, stazione CG1 Expo
- Fig. 10 – Metrò di Londra

L'estensione delle maggiori reti, combinata con la continua pressione sui costi, rende problematica la gestione uniforme della sicurezza. Stazioni modernissime si trovano quindi spesso accanto a strutture fatiscenti.

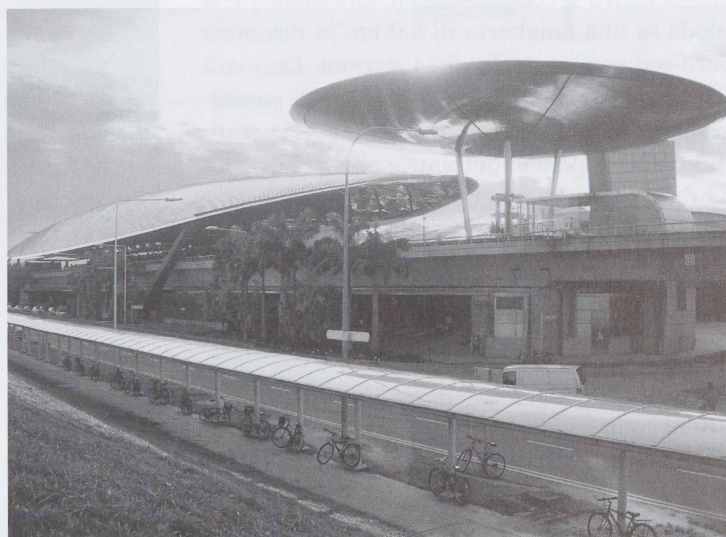
Nuove tecnologie riducono notevolmente i rischi tecnici e rendono molto sicure le linee metropolitane moderne. Nonostante tutte le precauzioni eventi fortuiti possono condurre a catastrofi, particolarmente nel caso di infrastrutture obsolete e con manutenzione carente. È il caso del tragico incendio nella stazione King's Cross (una delle più trafficate del metrò di Londra, con ca. 100 000 transiti nelle ore di punta) del 18 novembre 1987, che è costato la vita a 31 persone. L'incendio è verosimilmente stato causato da un fiammifero gettato da un passeggero nell'obsoleta scala mobile in legno, nella quale si erano accumulati grasso e sporcizia. Diverse misure sono state adottate a seguito dei risultati dell'inchiesta (rapporto Fennel), tra cui la sostituzione delle scale mobili in legno e l'installazione di impianti automatici di spegnimento e di rilevatori di incendio.

Le strutture per il trasporto di massa sono purtroppo soggette ad attacchi terroristici. Basti ricordare le esplosioni nel metrò di Mosca del 6 febbraio 2004 e nel metrò di Londra del 7 luglio 2005 o l'attentato con gas tossici alla metropolitana di Tokyo del 20 marzo del 1995. Tragico anche il bilancio dei suicidi: nel solo metrò di Londra se ne conta approssimativamente uno alla settimana.

\* Ingegnere meccanico presso la Lombardi SA Ingegneri Consulenti



8



9



10